

ТРАНСПОРТ

УДК 658.286

Губенко В.К.¹, Бабушкин Г.Ф.², Кузькин А.Ф.³

ОПТИМИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ДОСТАВКИ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ МЕЛКОПАРТИОННЫХ ГРУЗОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Проанализированы проблемы, возникающие при решении задачи оперативно-календарного планирования доставки мелкопартионных многономенклатурных грузов с общезаводских складов в производственные цехи промышленных предприятий. Дана постановка задачи оперативно-календарного планирования доставки грузов, предложены критерии оптимальности и методика решения задачи.

Одной из задач, возникающих в условиях централизованной доставки мелкопартионных многономенклатурных грузов на металлургических предприятиях, является оперативно-календарное планирование процессов комплектования мелких партий грузов на общезаводских складах цеха подготовки производства (ЦПП) и перевозки их получателям, которыми в данном случае выступают цехи и службы предприятия.

Под оперативно-календарным планированием доставки понимается составление графиков комплектовочных работ в ЦПП и доставки грузов на некотором календарном периоде времени $[0..R]$ (в качестве календарного периода могут выступать неделя, месяц), который, в свою очередь, делится на $R+1$ периодов оперативного управления (рабочая смена, сутки).

К началу календарного периода в ЦПП поступают исходные данные в виде требований от получателей на доставку необходимых грузов. На каждом из периодов оперативного управления r выполняется комплектование заказов (объединенных транспортных партий грузов) для доставки их на периоде оперативного управления $r+1$ ($r \neq R$) и доставка заказов, скомплектованных на периоде оперативного управления $r-1$ ($r \neq 0$). Обозначим через Z множество сменных заданий транспортным машинам, которые необходимо выполнить на календарном периоде времени для доставки всех заказов. Под сменным заданием будем понимать совокупность заказов, которые транспортная машина должна доставить в течение одного периода оперативного управления.

Процесс доставки многономенклатурных мелкопартионных грузов характеризуется потреблением двух основных видов ресурсов. Первый вид ресурсов относится к трудовым ресурсам и расходуется на комплектование и погрузку заказов. Второй вид ресурсов расходуется на непосредственную их перевозку и представляет собой транспортные средства. Таким образом, ресурсными параметрами сменных заданий $z \in Z$ служат величины f_z^k и f_z^n , выражающие потребность в трудовых ресурсах (трудоемкость), расходуемую соответственно на комплектование и погрузку заказов, входящих в него.

При оперативно-календарном планировании процесса доставки грузов возникает задача распределения сменных заданий по периодам оперативного управления (построение плана доставки) с целью оптимального использования обеих видов ресурсов. При отсутствии прочих ограничений и дополнительных условий, для достижения этой цели необходимо построить такой план, при котором достигается наиболее равномерное потребление ресурсов на протяжении календарного периода времени.

¹ ПГТУ, д-р техн. наук, проф.

² ЗГТУ, канд. техн. наук, доц.

³ ЗГТУ, ассистент

Пусть получен некоторый план доставки грузов и на каждом периоде $г \in [1..R]$ определено подмножество сменных заданий $z_r \subset Z$. Будем производить оценку плана доставки по двум критериям:

1) критерий использования трудовых ресурсов. Обозначим через W среднее количество трудовых ресурсов, расходуемых на одном периоде оперативного управления

$$W = \frac{\sum_{z \in Z} (f_z^K + f_z^N)}{R + 1}. \quad (1)$$

Тогда, лучшим по критерию использования трудовых ресурсов будет такой план, для которого минимизируется функционал F_1

$$F_1 = \sum_{r=0}^R [w_r - W]^2, \quad (2)$$

где w_r – величина потребности в трудовых ресурсах на периоде $г$.

$$w_r = \sum_{\substack{z \in Z_r \\ r \neq 0}} f_z^N + \sum_{\substack{z \in Z_{r+1} \\ r \neq R}} f_z^K. \quad (3)$$

2) критерий использования транспортных ресурсов. Обозначим через N_t – среднее количество сменных заданий, выполняемых на одном периоде оперативного управления

$$N_m = \frac{N_Z}{R}, \quad (4)$$

где N_Z – общее количество сменных заданий.

Тогда, лучшим по данному критерию будет такой план, для которого минимизируется функционал F_2

$$F_2 = \sum_{r=1}^R [n_r - N_m]^2, \quad (5)$$

где n_r – количество сменных заданий, выполняемых на периоде $г$.

Поставленную двухкритериальную оптимизационную задачу можно свести к однокритериальной, выразив критерий использования транспортных ресурсов в виде ограничения. Обозначим через N_t^{\max} величину, получаемую в результате округления величины N_t до ближайшего целого числа в большую сторону, а через N_t^{\min} – величину, получаемую путем отбрасывания от N_t дробной части. Тогда критерий использования транспортных ресурсов запишется в виде ограничения вида

$$N_r^{\min} \leq n_r \leq N_r^{\max} \quad \forall r \in [1..R]. \quad (6)$$

Дадим математическую постановку задачи. Задано множество сменных заданий транспортным средствам Z , которые необходимо выполнить на календарном периоде $[1..R]$. Для каждого сменного задания $z \in Z$ заданы величины f_z^K и f_z^N . Необходимо разбить множество Z на R непересекающихся подмножеств Z_r ($г=1..R$) так, чтобы достигался минимум функционала

$$F_1 = \sum_{r=0}^R [w_r - W]^2 \Rightarrow \min \quad (7)$$

при ограничении

$$N_r^{\min} \leq n_r \leq N_r^{\max} \quad \forall r \in [1..R] \quad (8)$$

Величины W, w_r , вычисляются соответственно по формулам (1), (3).

Поставленная задача носит комбинаторный характер, т.е. количество допустимых решений для нее конечно, что делает задачу принципиально разрешимой. Однако, количество таких решений даже при небольших значениях величин R и N_z настолько велико, что практически исключает полный перебор вариантов. Например, при $R=5$ и $N_z=20$ (что соответствует недельному планированию с привлечением на каждый день для перевозки четырех автомобилей) число возможных вариантов плана равно $3.055 \cdot 10^{11}$.

В условиях наличия большого числа неопределенностей в системе доставки грузов целесообразным является применение для решения поставленной задачи приближенных эвристических методов оптимизации. Эвристические алгоритмы используют различные разумные соображения без строгих формальных обоснований и заключаются в отказе от поиска оптимального решения и нахождения вместо этого “хорошего решения” за приемлемое время [1]. Рассмотрим суть применения таких алгоритмов для решения рассматриваемой задачи.

Предлагаемая методика решения задачи состоит из двух этапов. На первом этапе, используя специфику условия задачи, получают первоначальный допустимый план. На втором этапе делается попытка улучшить первоначальный план с применением пошаговой локальной оптимизации.

Для получения первоначального допустимого плана сначала производится планирование доставки на нулевом и последнем периодах оперативного управления. Нулевой период характерен тем, что все трудовые ресурсы на нем расходуются на комплектование заказов, следовательно, целесообразным является запланировать на первый период сменные задания с большими значениями трудоемкостей комплектования [2]. Аналогично, на последнем периоде оперативного управления, где все трудовые ресурсы расходуются на погрузку заказов, целесообразно запланировать сменные задания с большими значениями трудоемкостей погрузки. Используя эти соображения, можно получить достаточно хорошее первое приближение к оптимальному плану.

Пошаговая оптимизация на втором этапе заключается в перестановке местами некоторой пары сменных заданий, которая дает максимальное улучшение критерия оптимальности. Так как число возможных вариантов такой перестановки достаточно велико, то для его уменьшения используется следующее правило: рассматриваются перестановки местами только тех сменных заданий, которые вносят долю трудоемкости на, так называемые, критические периоды оперативного управления. Критическими периодами оперативного управления назовем такие, которые имеют максимальное положительное и максимальное отрицательное отклонения расходов на них трудовых ресурсов от среднего значения W . Процесс пошаговой оптимизации продолжается до тех пор, пока не возникнет ситуация, при которой замена любой из пар сменных заданий, вносящих долю трудоемкости на критические периоды оперативного управления, не приводит к уменьшению оптимизируемого функционала (критерия оптимальности).

Для решения задачи оперативно-календарного планирования по вышеизложенной методике разработана программа для ЭВМ на языке PASCAL. Вычислительные эксперименты для реальных данных ОАО «Запорожсталь» показали, что время счета при числе сменных заданий $N_z=49..60$ и продолжительности календарного периода $R=18..20$ дней (месячное планирование) не превышает нескольких секунд, при этом отклонение критерия оптимальности получаемых планов от оптимального значения не превышает 10-15 %.

Выводы

Задача оперативно-календарного планирования доставки заказов, требующих предварительного комплектования является сложной многокритериальной задачей комбинаторного характера. При ее решении в практических условиях планирования доставки материалов из цехов подготовки производства в подразделения промышленных предприятий ввиду наличия значительных неопределенностей целесообразно свести задачу к однокритериальной, а затем использовать предложенный приближенный алгоритм, основанный на перестановочных принципах с элементами эвристики. Решение задачи по алгоритму обладает малым временем расчета и отклонением полученного результата приблизительно на 10-15 % от оптимального.

Перечень ссылок

1. Основы системного анализа и проектирования АСУ/ А.А. Павлов, С.Н. Гриша, В.Н. Томашевский и др. – К.: Выща шк., 1991.– 367 с.
2. Танаев В.С., Шкурба В.В. Введение в теорию расписаний.– М.: Наука, 1975. – 256с.

Губенко Владимир Константинович. Директор института транспорта и логистики, академик ПТ АНУ, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой "Технологии международных перевозок и логистика" ПГТУ, окончил Запорожский машиностроительный институт в 1959 году. Основные направления научных исследований – специальный транспорт, рециклинг, логистические системы, моделирование логистической системы морского порта, гармонизация транспортных систем, работа транспорта в СЭЗ.

Бабушкин Геннадий Федорович. Канд. техн. наук, доцент кафедры "Промышленный транспорт" Запорожского государственного технического университета. Основные направления научных исследований – повышение эффективности промышленного транспорта и транспортно-складских комплексов.

Кузькин Алексей Феликсович. Ассистент кафедры "Промышленный транспорт" Запорожского государственного технического университета. Окончил Запорожский государственный технический университет. Основные направления научных исследований – повышение эффективности промышленного транспорта.

Статья поступила 11.12.2000.